







Primeras imágenes satelitales revelan la magnitud y severidad del evento

Informe Versión 1 (7 febrero de 2024)

Mega-Incendio Valparaíso Febrero 2024

El Mega-Incendio de 2024

El 2 de febrero de 2024, se desató un incendio de gran magnitud en la región de Valparaíso (Chile Central), originado inicialmente en las inmediaciones del Lago Peñuelas, cercano a la ruta 68 que une Santiago con las ciudades costeras de Viña del Mar y Valparaíso. El incendio se volvió incontrolable a partir de múltiples focos que se expanden rápidamente hacia centros urbanos de Viña del Mar, Quilpué, Villa Alemana y Limache. Finalmente, se logró controlar la emergencia el día 4 de febrero, periodo en el cual el siniestro cobró la vida a 123 personas, afectando industrias, infraestructura de servicios y alrededor de 6.000 viviendas de acuerdo con el reporte del Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres SENAPRED[1] a la fecha de la elaboración de este reporte.

Se trata de una zona que presenta un historial de incendios pasados y que, por las repercusiones económicas, sociales y ambientales que ocasionan los daños directos del Mega-incendio, es que se hace necesario nuevamente evaluar los patrones geográficos de su severidad como apoyo a las instituciones encargadas de enfrentar la prevención y combate de estos Mega-incendios, los que se espera sean cada vez más frecuentes en la región como consecuencia del cambio climático global.

En este informe, el Laboratorio de Geo-información y Percepción Remota del Instituto de Geografía de la PUCV, pone a disposición de tomadores de decisiones y público general, mapas del incendio y zona afectada elaborados a partir de las últimas imágenes satelitales multiespectrales proporcionadas por la Agencia Espacial de Estados Unidos (NASA) y la Agencia Europea Espacial (ESA).

Imagen Sentinel 3 en plena emergencia

La imagen de la derecha (Figura 1) fue tomada por el satélite Sentinel 3 de la ESA que captura imágenes diarias a 300 metros de resolución espacial. La imagen, tomada el día **3 de Febrero de 2024 a las 11:33 hora local**, se encuentra completamente libre de nubes, lo que permite observar los múltiples focos activos y plumas de humo proyectándose hacia el norte, siguiendo los vientos predominantes del sureste. Estos focos se encuentran peligrosamente colindantes con la conurbación Viña del Mar – Quilpué – Villa Alemana por el sur y por el oriente.

La imagen corresponde a una visualización denominada “cicatriz del incendio” o *“fire scar”* usando la combinación de bandas espectrales SWIR, NIR y Red de la imagen multiespectral Sentinel 3 de la ESA.

Los focos identificados están emplazados en las áreas con predominio de uso forestal abandonado, y su proyección directa a las áreas urbanas centrales del Gran Valparaíso, que comprende el interior de las comunas de Viña del Mar y la zona poniente de la comuna de Quilpué.

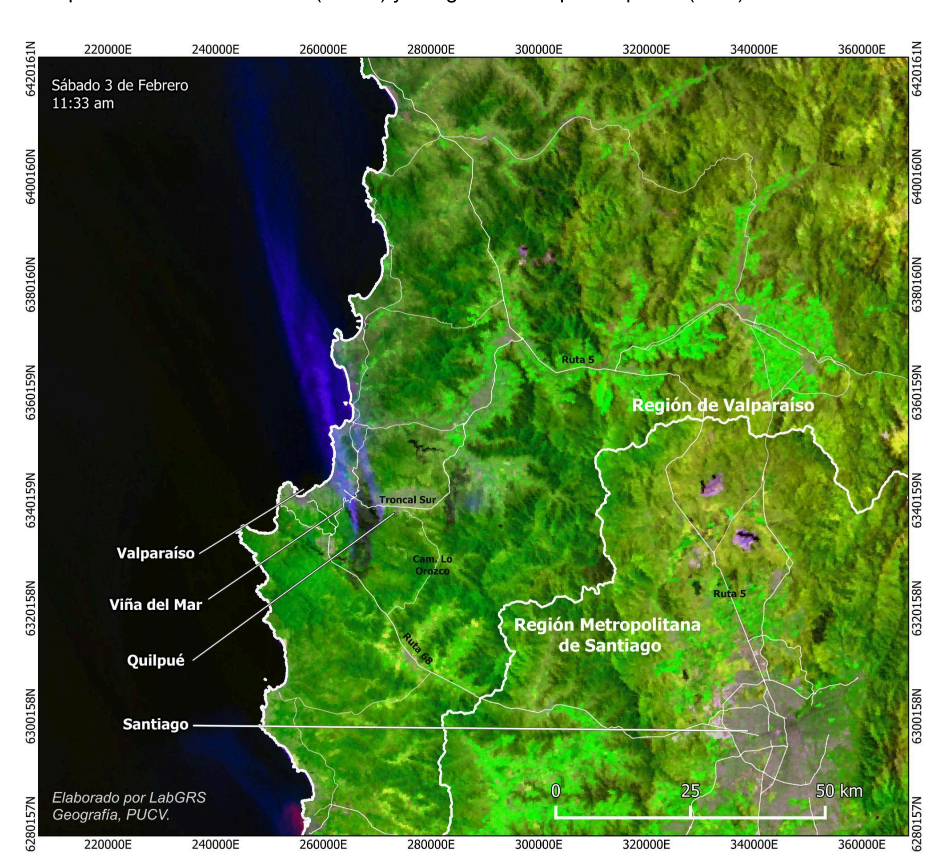


Figura 1. Imagen Sentinel 3 en plena emergencia (3-2-2024), mostrando la pluma de los incendios proyectándose en dirección a los centros urbanos, hacia el norte.

[1] https://senapred.cl/

Evaluación del área quemada y severidad del incendio mediante imágenes Landsat

Existen técnicas de análisis satelital que permiten estudiar el área quemada y severidad del incendio mediante la comparación de una imagen previa al incendio y una posterior. En este caso, la imagen (libre de nubes) disponible en forma previa al incendio corresponde a una imagen Landsat del día **20-12-2023**, mientras que la posterior al incendio corresponde al **5 de febrero de 2024**, fecha en la que ya se había controlado parcialmente la emergencia, quedando activos algunos vectores de avance menores (Figura 2). Los satélites Landsat 8 y 9 capturan imágenes cada 16 días a una resolución espacial de 30 metros.

En primer lugar, se puede visualizar la "cicatriz del incendio" o *"fire scar"* usando la combinación de bandas espectrales SWIR, NIR y Red de las imágenes Landsat. En segundo lugar, se puede calcular el índice normalizado de área quemada (NBR) para las imágenes previa y posterior al incendio, para luego y mediante la resta o diferencia entre ambas (dNBR), estimar la severidad del incendio en términos de cobertura vegetal quemada. De acuerdo con este cálculo, **el área quemada alcanza las 9.429 hectáreas**, lo que considera zonas de baja, media y alta severidad (dNBR>0.1). Los rangos de severidad utilizados son los recomendados en los manuales de "buenas prácticas" de mapeo de incendios de Naciones Unidas[2].

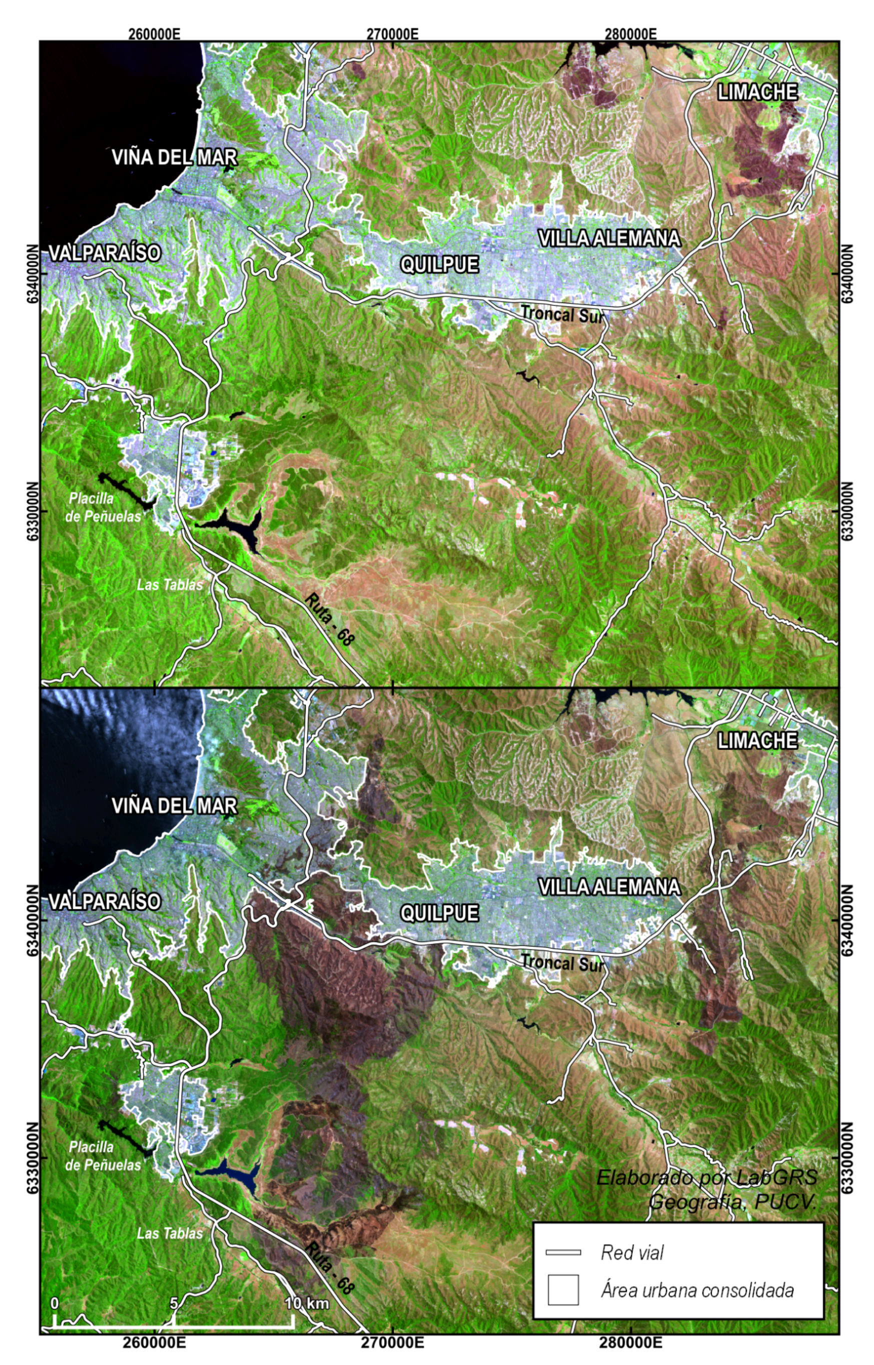


Figura 2. Imágenes Landsat mostrando una visualización SWIR-NIR-Red del 20-12-2023, **previa al incendio (arriba)**, y del 5-2-2024, **posterior al incendio (abajo)**. La imagen inferior muestra la denominada "cicatriz de fuego" que esta combinación de bandas resalta en tonalidades rojas.

[2] *https://un-spider.org/advisory-support/recommended-practices/recommended-practice-burn-severity/in-detail/normalized-burn-ratio*

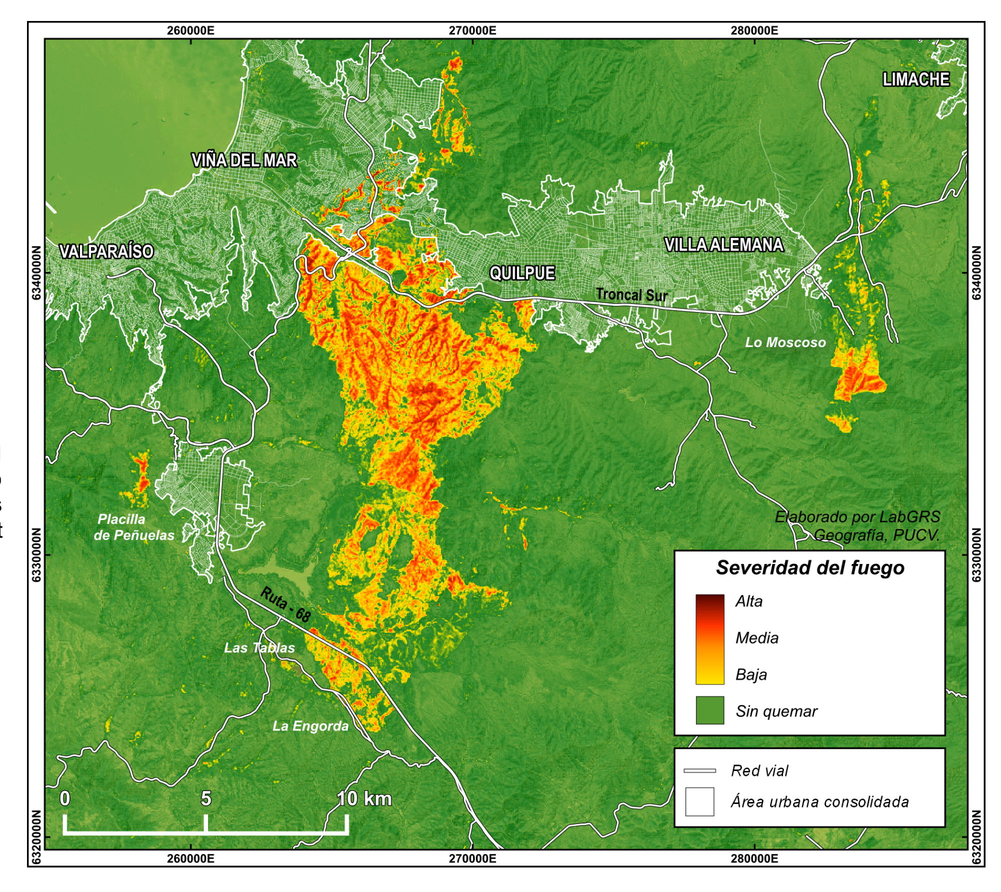


Figura 3. Mapa de severidad del incendio estimado a partir del cálculo del índice dNBR usando las imágenes Landsat pre y post incendio.

En la Figura 3, se puede observar que el sector donde se inicia el incendio (sector La Engorda en Las Tablas) la severidad es baja-media, pero en la medida que el fuego se proyecta hacia estructuras abisales (quebradas y barrancos), el nivel de severidad aumenta. En este primer tramo de avance, la vegetación principal afectada por el fuego correspondió a mosaicos adultos de Eucalyptus globulus y matorrales semidensos entremezclados con otras especies arboladas, entre ellas aromo y remanentes de pino insigne. Todas estas formaciones presentan alto poder de encendido e inflamabilidad, acentuado además por la baja humedad del combustible fino en el piso de la hojarasca, pastizales y manto orgánico. En esta topografía abrupta, el incendio gana envergadura y avanza hacia sectores poblados. En este trayecto, y tras superar la Reserva Lago Peñuelas en su avance hacia el norte, el fuego se encuentra con una cadena de cerros dominada por palmares adultos y mezclas de matorral en las partes altas y remanentes de bosques en fondo de quebradas. En efecto, al observar las franjas rojas (de mayor severidad) proyectadas al eje del estero de Viña del Mar, podemos identificar las quebradas de El Quiteño, El Salto, y Marga Marga. En esta condición de quebrada, el fuego adquiere un comportamiento extremo debido al abastecimiento de oxígeno producto de la inclinación de las llamas en pendiente, y dirección a favor del viento, que en el desarrollo inicial de la emergencia, tuvo un vector de propagación desde el Suroeste hacia el Norte-Noreste. Algo similar ocurre en las quebradas de las laderas sur de la cuenca del Estero de Viña del Mar y también en el foco en el sector El Rincón de Villa Alemana.

¿Lecciones aprendidas o no aprendidas? Primeras reflexiones

Condiciones meteorológicas propicias para gatillar un Mega-incendio: El comportamiento del fuego adquirió especial intensidad debido a las condiciones meteorológicas prevalecientes al momento inicial del primer foco localizado en el sector Fundo Las Tablas el día viernes 2 de febrero, al sur-oeste de la Ruta 68. En particular, el efecto acumulado de baja humedad del combustible fino y muerto, la seguidilla de días consecutivos con temperaturas sobre los 26°C, el efecto desecante y permanente del viento, la dirección del viento hacia el Norte y Noreste, se conjugaron para otorgar las condiciones necesarias para el rápido avance de las llamas. Desde el punto de vista de los factores del comportamiento del fuego (pendiente, vegetación combustible), el principal vector de propagación inicial se desarrolló bajo alta carga de combustible fino acumulado (pastizales) producto de las lluvias de otoño-invierno de 2023, lo que se sumó a la carga de la vegetación leñosa. La inclinación de las llamas fue acentuada en tramos posteriores a la salida de la Reserva Peñuelas en dirección hacia el sector Las Cucharas y posterior cruce al Jardín Botánico y sector El Olivar, con un flanco izquierdo que se desarrolló muy agresivamente hacia el Santuario El Palmar.

Irregularidad topográfica convierte al fuego en eruptivo: Los valores de severidad son muy irregulares en el territorio, producto de la presencia de quebradas y barrancos, donde se concentran los valores más altos de severidad debido a la presencia de mayor combustible (vegetación más densa) tanto de especies nativas como de plantaciones forestales, principalmente pinos y eucaliptos. Estas condiciones, propician que un incendio "normal" se transforme en eruptivo, avanzando violentamente en dirección norte hasta alcanzar las zonas urbanas. De esta forma, el fuego se torna eruptivo y altamente peligroso producto de la geografía predominante de la zona.

A mayor distancia del área urbana se ubique el foco inicial, mayor extensión y severidad tomará el incendio: Existe una distancia promedio de 20 km entre los focos originarios y las primeras construcciones o poblaciones periféricas. Ese margen de proyección, de acuerdo a lo observado en las imágenes satelitales, provoca un efecto acumulativo de energía del incendio. Por esta razón, cuando el fuego alcanza las primeras poblaciones, la fuerza del mismo se hace incontrolable lo que explica la voracidad del siniestro en las poblaciones al norte del eje del Estero de Viña del Mar ubicadas en las cimas de las laderas de exposición sur. Este fue el caso de la Quebrada El Olivar, donde está contenido íntegramente el Jardín Botánico Nacional, que resultó quemado en un 95%, avanzando el fuego hacia el norte donde se encuentra la población El Olivar donde se observa una alta severidad.

Las infraestructuras y espejos de agua como "cortafuegos": El Lago Peñuelas actuó como un cortafuego natural, deteniendo el avance del fuego desde su origen cerca de la Ruta 68 hacia el oeste. El fuego continuó su avance predominantemente hacia el norte "rodeando" el espejo de agua. Por el contrario, obras de infraestructura, en particular la ruta 68 con 70 metros de faja fiscal, NO fue capaz de contener el avance del fuego. Esto es importante de recalcar, porque en la actualidad se ha indicado como solución la planificación e implementación de caminos cortafuegos. Sin embargo, en este incendio solo el Lago Peñuelas tuvo un rol efectivo de cortafuegos, que de haber tenido un mayor volumen de agua, podría haber contenido mayormente la proyección del incendio. Desafortunadamente, el volumen de agua embalsado se encontraba bajo niveles históricos, no sólo limitando su rol de cortafuego sino que además su aporte de humedad ambiental que podría haber atenuado la severidad del incendio.

Todo Megaincendio que parte siendo forestal termina como estructural: esto es por la relación del emplazamiento urbano metropolitano y la constante del viento de orientación suroeste que lo proyecta irremediablemente en sentido norte hacia la ciudad.

Focalización del área vulnerable a atender: Las periferias suburbanas y las condiciones de ruralidad, respecto de sus usos en el arco circundante al sur del área metropolitana es una vulnerabilidad que debe ser atendida de extremo a extremo, allí se incuba y proyecta el fuego como riesgo.

Fragilidad de la interfaz urbano forestal: Esta situación de comportamiento extremo del fuego pone nuevamente en evidencia la fragilidad de la condición combustible del paisaje vegetal afectado por este incendio, por las altas tasas de intensidad calórica y la concentración del daño (severidad) en las áreas de interfaz urbano forestal. La alta densidad de edificaciones en zonas no preparadas para recibir infraestructura y el uso de áreas destinadas exclusivamente para cortafuegos y corta combustibles, acentuaron gravemente esta condición de propagación, por cuanto la vulnerabilidad estructural y los procesos de combustión, van en directa relación con el tipo de materiales con los cuales los asentamientos precarios poseen menores tiempos de encendido. Esta condición de rápido avance ocasionó en consecuencia, que incluso el fuego avanzara libremente hacia zonas edificadas con mayor condición estructural (fierro, cemento, hormigón) con tiempos de encendido mucho mayores y temperaturas mucho más altas para la combustión inicial. No obstante, la escasez de caminos, inexistencia de puntos de abastecimiento de agua para los carros de bomberos, y la congestión producto de la alarma pública por las alertas SAE de evaluación, agravaron aún más la logística de operaciones en el proceso de movilización de vehículos, personas, mascotas y también las operaciones de emergencia.

Uno de los mayores desastres de la historia moderna de Chile: El análisis anterior es prácticamente el mismo que el indicado en 2014 cuando en aquella oportunidad Valparaíso experimentó, hasta aquel año, el mayor incendio forestal que luego se transformó en emergencia estructural, con 16 fallecidos (entre ellos 3 bomberos), casi 3.000 casas consumidas por las llamas y poco más de 1.000 hectáreas de afectación. Al momento de este reporte técnico, este nuevo incendio forestal de carácter perirubano, se transformó en la mayor emergencia y uno de los mayores desastres que conoce la historia moderna de Chile.

Autores

Laboratorio de Geo-información y Percepción Remota, Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Roberto O. Chávez
Matías Pérez
Sebastián Fuentes
Gabriel Castro

Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Luis Álvarez

Laboratorio de Ingeniería de Incendios Forestales, Universidad de Chile
Miguel Castillo